

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación Agronómica de Ocho Líneas de Chile Pimiento Morrón Bajo
Condiciones de Agricultura Protegida

Por:

ALEXIS JOVANY RIVERA TRUJILLO

TESIS

Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Octubre 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación Agronómica de Ocho Líneas de Chile Pimiento Morrón Bajo
Condiciones de Agricultura Protegida

Por:


ALEXIS JOVANY RIVERA TRUJILLO


TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:


INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría


Dr. Neymar Gamposeco Montejo
Asesor Principal


Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza
Coasesor


Dr. Perpetuo Alvarez Vázquez
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Octubre 2023

DECLARACION DE NO PLAGIO

El autor quien es responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestado los datos o la tesis para presentarla como propia ; omitir referencia bibliográficas o citar textualmente sin comillas ; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes , videos , ilustraciones , graficas , mapas o datos sin citar el autor original y/o fuente , así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como lucro, reproducción , edición o modificación , será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Alexis Jovany Rivera Trujillo

AGRADECIMIENTO

A **DIOS** doy infinitamente gracias por haberme dado fuerzas, y valor para culminar esta etapa de mi vida. Agradezco por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por haberme brindado una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mi “**Alma Terra Mater**” la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por haberme dado la oportunidad de ingresar y concluir mis estudios profesionales y cumplir una etapa más en mi vida, dándome las herramientas necesarias para un entorno laboral y social.

A el **Dr. Neymar Camposeco Montejo** le agradezco muy profundamente por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada, Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevare grabados para siempre en mi memoria en mi futuro profesional.

A mis amigos **José Guadalupe Rodríguez Aragón, Mario Rivera Castillo, Grecia Estefanía Barreto Valderrama** les agradezco a mis amigos de la infancia por todo su apoyo, por escuchar mis ideas, leer mis trabajos y darme siempre su opinión para mejorar en este trayecto de mi carrera profesional. También agradezco por las risas y buenos momentos que compartimos durante este proceso.

DEDICATORIA

A MI PADRE

Higinio Rivera Gonzales por siempre apoyarme incondicionalmente desde pequeño y jamás dejarme solo, por tus palabras, consejos y regaños, gracias, padre por siempre guiarme a través del camino de la vida, por todo el amor incondicional que has brindado el cual me ha ayudado a ser una mejor persona que soy, has sido el pilar y la base que me has hecho cada día más fuerte y he alcanzado una de mis metas, gracias por el sacrificio que has hecho para yo estudiara, este título es dedicado a ti. Te amo mucho papá

A MI MADRE

Leticia Trujillo Torres a ti madre por siempre estar conmigo siempre apoyándome con tus buenos mensajes, por siempre motivarme día con día, con tus cariños y amor que siempre me hicieron a hacer más fuerte a lo largo de mi trayecto en la universidad, te doy gracias por nunca dejarme solo y enseñarme a jamás darme por vencido, por tus buenos deseos y oraciones cuando salía de casa, por tus sacrificios y desvelos para que yo estudiara , por la confianza que me tuviste para terminar mi carrera profesional. Te amo infinitivamente mamá

A MIS HERMANOS

Brian Uriel y Luis Ángel por siempre motivarme a seguir adelante, y apoyarme durante el trayecto de mi carrera profesional, por siempre sacarme una sonrisa y jamás dejarme solo.

A MIS ABUELOS

Pánfilo Rivera Y Luisa Gonzales gracias por ser mis segundos padres por cuidarme y por apoyarme en cada dedición, por esa sabiduría, alegría, calidez y amor en mi vida, valoro cada momento que compartimos juntos, gracias por todo el apoyo y bendiciones que siempre me han dado y estar conmigo durante mi trayecto en la universidad. Los amos

A Marlen Tapia Solís por siempre estar conmigo durante mi estancia en la universidad y el apoyo incondicional que siempre me brindó, por sus buenos deseos y siempre motivarme a hacer cada día mejor, a nunca darme por vencido.

A MIS TIOS

Benita Rivera, Trinidad Rivera, Othon Miramar por siempre desearme lo mejor de los éxitos, por sus consejos, amor y cariño que siempre me demostraron, y haberme acompañado hasta el final de mi carrera en esta bella institución.

A **Axel Gonzales Fuentes (†)** gracias por la gran amistad que siempre me brindaste, por todo el apoyo, consejos, alegría y motivación para seguir con mis estudios profesionales, por cuidarme y guiarme desde el cielo espero que estés orgulloso de mis logros y metas.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	X
INDICE DE CUADROS	XII
RESUMEN	XIII
1.INTRODUCCIÓN	14
2.OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo general	16
2.2. Objetivos específicos.....	16
3. HIPÓTESIS	17
3.1. Hipótesis nula	17
3.2. Hipótesis alternativa.....	17
4.REVISIÓN DE LITERATURA.....	18
4.1 Origen y distribución.....	18
4.2 Descripción botánica	18
4.3 Taxonomía	20
4.4 Morfología del pimiento morrón.....	20
4.4.1 Raíz.....	20
4.4.2 Tallo.....	20
4.4.3 Hoja.....	21
4.4.4 Flores	21
4.4.5 Polinización	21
4.4.6 Fruto.....	22

4.5	Importancia a nivel mundial de pimiento morrón	22
4.6.	Importancia de pimiento morrón en México.....	23
4.7	Importancia de pimiento morrón en Coahuila.....	23
4.7	Pimiento en México bajo agricultura protegida y el fitomejoramiento	24
4.7.1	Tipos de mejoramiento genético	24
4.7.2	Evaluación por método de selección de líneas en pimiento morrón.....	25
4.8	Tipos de pimiento en México.....	26
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	27
5.1	Ubicación y localización	27
5.2	Material genético	27
5.3	Diseño de parcela experimental	28
5.4	Labores Culturales	28
5.4.1	Siembra	28
5.4.2	Trasplante	28
5.4.3	Fertilización	29
5.4.4	Riego	29
5.4.5	Tutorado	30
5.4.6	Poda	30
5.4.7	control de plagas y enfermedades	31
5.4.8	Cosecha	31
5.4.9	Variables agronómicas evaluadas.....	32
5.5	Diseño experimental y estadístico.....	33
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
6.1.	Altura de planta	34
6.2	Diámetro del tallo	35
6.3	Longitud del fruto.....	36

6.4 Diámetro ecuatorial del fruto	37
6.5 Grosor del mesocarpio	38
6.6 Número de frutos por planta.....	39
6.7 Peso promedio del fruto	40
6.8 Rendimiento por planta (kg planta ⁻¹)	41
6.9 Sólidos solubles totales.....	42
6.10 Rendimiento calculado (t ha ⁻¹).....	43
7. CONCLUSIÓN	44
8. BIBLIOGRAFÍA	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Material genético seleccionado en el Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro	27
Figura 2: Plántula de pimiento morrón trasplantada en bolis a base de fibra de coco a 15 centímetros de distancia entre planta y planta y 1.8 metros entre surcos	28
Figura 3: Frutos Cosechados de acuerdo a su madurez, tamaño, color y forma ...	31
Figura 4. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (<i>Tukey</i> $p \leq 0.05$) de la variable altura de la planta de ocho líneas de chile morrón, probadas bajo las condiciones de agricultura protegida, en el sureste de Coahuila, México. Líneas verticales corresponden a la desviación estándar.....	34
Figura 5. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (<i>Tukey</i> $p \leq 0.05$) de la variable diámetro de tallo, de ocho líneas de chile morrón, probadas bajo las condiciones de agricultura protegida, en el sureste de Coahuila, México. Líneas verticales corresponden a la desviación estándar.....	35
Figura 6. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (<i>Tukey</i> $p \leq 0.05$) de la variable longitud de fruto, de ocho líneas de chile morrón, probadas bajo las condiciones de agricultura protegida, en el sureste de Coahuila, México. Líneas verticales corresponden a la desviación estándar.....	36
Figura 7. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (<i>Tukey</i> $p \leq 0.05$) de la variable diámetro ecuatorial del fruto, de ocho líneas de chile morrón, probadas bajo las condiciones de agricultura protegida, en el sureste de Coahuila, México. Líneas verticales corresponden a la desviación estándar.....	37
Figura 8: ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (<i>Tukey</i> $p \leq 0.05$) de la variable grosor de mesocarpio del fruto, de ocho líneas de pimiento morrón, evaluadas bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.....	38

Figura 9: ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (*Tukey* $p \leq 0.05$) de la variable número de fruto por planta, de ocho líneas de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.....39

Figura 10. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (*Tukey* $p \leq 0.05$) de la variable peso promedio de fruto, de ocho líneas de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar..... 40

Figura 11. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (*Tukey* $p \leq 0.05$) de la variable rendimiento por planta (kg planta^{-1}), de ocho líneas de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar..... 41

Figura 12. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (*Tukey* $p \leq 0.05$) de la variable sólidos solubles totales, de las ocho líneas, de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar..... 42

Figura 13: ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (*Tukey* $p \leq 0.05$) del rendimiento calculado en toneladas por hectárea, las ocho líneas, de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar..... 43

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: solución nutritiva de macroelementos y microelementos para el cultivo de pimiento morrón a tres diferentes porcentajes	29
Cuadro 2: Cosechas realizadas en las ocho líneas evaluadas después del trasplante31

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación es evaluar el comportamiento agronómico de las ocho líneas de pimiento morrón pertenecientes al Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, para ser evaluados y observar su potencial genético con fines de mejoramiento genético para la generación de nuevas variedades o híbridos. Dicha investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. Bajo las condiciones de un invernadero de mediana tecnología, en cual se realizó un diseño experimental, completamente al azar, con ocho tratamientos (Líneas L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8) y cuatro repeticiones de cada uno, plantados en bolis de fibra de coco con un sistema de fertirrigación por estaca. Los resultados muestran diferencias estadísticas en las variables de diámetro de fruto, longitud de fruto, sólidos solubles totales y de rendimiento, el resto de las variables mostro un comportamiento estadístico similar, las líneas que destacan por su comportamiento agronómico son la línea uno, dos cinco y seis. Por lo tanto, el desempeño agronómico de los genotipos fue variable bajo las condiciones probadas, sumado a las diferencias porcentuales observadas entre genotipos en las variables que no mostraron diferencias estadísticas, dan la pauta para continuar con el proceso de selección y evaluación de líneas para observar su comportamiento en ciclos más avanzados, a fin de identificar las líneas o genotipos con mayor potencial genético para el desarrollo de nuevas variedades o híbrido

1.INTRODUCCIÓN

El chile morrón forma parte del reducido género de hierbas tropicales perteneciente a la familia de la Dulcamara Solanáceas, se refiere a las variedades de chile dulce, hay muchas variedades, de diferente crecimiento, tamaño, forma, color y pungencia del fruto (SIAP, 2010); su gran variabilidad genética conlleva a que existan varias posturas respecto a su denominación botánica. Sin embargo, la mayoría de los autores aceptan que es *Capsicum annuum* la especie que engloba a casi todas las variedades cultivadas (Namesny, 2009). En México es utilizado como especia o condimento, posee alto valor nutritivo y bajo contenido en grasas, así como gran cantidad de agua, rico en vitaminas, minerales, carbohidratos y fibra. Casi el 50 por ciento de su producción en el país se realiza bajo la modalidad de agricultura protegida (invernadero, malla sombra o macro túnel). Esto permite que se encuentre en el mercado prácticamente en todas las épocas del año. (SADER, 2022)

México, se ha ubicado en los últimos años como el principal país exportador de pimientos frescos con una participación mundial del 29 por ciento y con Estados Unidos, Canadá y Reino Unido como principales destinos, en el periodo enero-noviembre de 2021, el valor de las exportaciones de pimiento fresco sumó mil 366 millones de dólares, lo que implicó un alza de 5.4 por ciento en comparación con 31 año anterior, cuando sumaron mil 296 millones de dólares. El principal importador mundial de chiles y pimientos frescos es Estados Unidos, mercado que demanda 32.3 por ciento del volumen total y que registró una tasa media anual de crecimiento de 2.1 por ciento en el lapso 2016-2020. Agricultura destacó que, en el periodo 2016-2020 se produjeron en promedio por año 3.3 millones de toneladas de chiles y pimientos en México, con una tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 0.3 por ciento. Originario de América, principalmente de la zona centro y norte de Sudamérica, el pimiento o pimentón se puede encontrar en diferentes colores: verde, amarillo, naranja y rojo, dependiendo de su estado de maduración

El estado de Sinaloa es el principal productor de pimiento a cielo abierto, al año aporta alrededor de 166 mil toneladas de este producto. La producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en invernadero con hidroponía, en México, se inició

hace cerca de 20 años. Los productores del país han adoptado sistemas de producción desarrollados en otros países, principalmente en Europa con condiciones climáticas y socioeconómicas diferentes. Las plantas de pimiento morrón cultivadas en invernadero muestran crecimiento indeterminado y ramificación de sus tallos, por lo que, el tallo principal se divide en dos o más ramas. Cada una desarrolla una a tres hojas, se ramifica de nuevo, y este crecimiento se repite sucesivamente; en cada ramificación se forma un fruto. Dos sistemas de producción de pimiento se manejan convencionalmente con base en este crecimiento. Uno consiste de podas, para mantener cada planta con dos tallos poda en V o sistema holandés. (Jovicich et al., 2004)

La producción de pimiento morrón representa una alternativa económica muy atractiva durante el ciclo otoño-invierno, debido al elevado rendimiento, alta calidad del fruto y elevados precios que alcanza éste durante la época invernal; sin embargo, dicha actividad productiva debe llevarse a cabo en invernaderos, por las restricciones ambientales que limitan el cultivo a cielo abierto en esa época. Los rendimientos que se pueden alcanzar en invernaderos con cubierta plástica con tecnología intermedia son $130 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$; al usar tecnología mediana-alta se alcanzan $180 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, y con alta tecnología se logran hasta $250 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (FUMIAF, 2005).

Los pimientos son típicos de la gastronomía mexicana y son de los productos con mayor potencial de mercado en el ámbito internacional como se mencionó previamente, por lo cual, el interés es mayor lo que ha llevado a una gran demanda de la producción, por lo cual los agricultores están deseosos de nuevas variedades, las cuales representen una mayor rentabilidad, que les permitan obtener productos de excelente calidad y con rendimientos superiores a los estandarizados de las variedades actuales (Pinto *et al.*, 2018). Por lo tanto, la finalidad de la evaluación y selección de líneas promisorias, es la de llegar a generar variedades o híbridos con características deseadas para la producción del cultivo en determinadas zonas de producción, debido a lo anterior se plantearon los siguientes objetivos que se persiguen con esta investigación.

2.OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico de ocho líneas de chile pimiento morrón rojo tipo blocky bajo condiciones de agricultura protegida en el sureste de Coahuila.

2.2. Objetivos específicos

Evaluar rendimiento y componentes de rendimiento de ocho líneas de chile pimiento morrón rojo tipo blocky, bajo condiciones de invernadero de baja tecnología, en el sureste de Coahuila.

Seleccionar las líneas de chile pimiento morrón rojo, tipo blocky con el mejor comportamiento agronómico y potencial genético para el desarrollo de nuevas variedades o híbridos para cultivarse en el noreste de México.

3. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis nula

Las líneas de chile pimiento morrón rojo tipo blocky mostrarán un comportamiento agronómico similar bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.

3.2. Hipótesis alternativa

Al menos uno de las ocho líneas de chile pimiento morrón rojo tipo blocky, mostrará un mejor comportamiento agronómico bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Origen y distribución

El género *Capsicum* de la familia de las solanáceas, tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales de América (México, Perú y Bolivia). En el siglo XV fue introducido a Europa y luego al resto del mundo. A la fecha se han identificado sobre 25 especies, aunque las más conocidas se restringen sólo a cinco; *Capsicum annuum* (pimiento y ajíes), *Capsicum chinense* (ají habanero), *Capsicum frutescens* (ají Tabasco), *Capsicum baccatum* (ají Andino), y *Capsicum pubescens* (Rocoto) (Bosland et al. 2012).

En la actualidad, casi la mitad del pimiento del mundo se produce en el área del Mediterráneo. Forma parte de las hortalizas cultivadas en casi todos los lugares del mundo y en España es uno de los países en los que ha tenido resultados más favorables durante los últimos años (Vallespir, 2006).

4.2 Descripción botánica

El pimiento es una planta herbácea anual. Tiene tallos erectos, herbáceos y ramificados de color verde oscuro. El sistema de raíces pivotante llega a profundidades de 0.7 a 1.2 m, y lateralmente hasta 1.2 m, pero la mayoría de las raíces están a una profundidad de 5 a 40 cm. Está provisto y reforzado con un número elevado de raíces adventicias. El tallo es de crecimiento limitado y erecto con un diámetro que puede variar entre 0.5 y 1.5 cm. Cuando la planta adquiere una cierta edad, los tallos se lignifican ligeramente (Bocajá & Monsalve, 2012).

La altura promedio de la planta es de 60 cm pero varía según el tipo y/o especie de que se trate. Las hojas son planas, simples, lampiñas, enteras, ovales o lanceoladas con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un peciolo largo o poco aparente y de forma ovoide alargada. Para que se produzca la floración, además de unas condiciones climáticas adecuadas, se requiere una cierta “madurez” de la planta, que en la especie se materializa con la presencia mínima de 8 a 12 hojas (Bocajá & Monsalve, 2012).

Las flores son perfectas, formándose en las axilas de las ramas; son de color blanco y a veces púrpura. Poseen la corola blanquecina, aparecen solitarias en cada nudo y son de inserción aparentemente axilar. Su fecundación es claramente autógama, no superando el porcentaje de alogamia del 10% (Valadez, 1989). El fruto es una baya semicartilaginosa y deprimida de color rojo o amarillo cuando está maduro, que se puede insertar pendularmente, de forma y tamaño muy variable. Los frutos se presentan en diferentes formas y tamaños, existiendo variedades que dan frutos de 1 o 2 g, frente a otras que pueden formar bayas de más de 300 g (Valadez, 1989).

Las semillas son redondeadas y ligeramente reniformes, suelen tener 3-5 mm de longitud, se insertan sobre una placenta cónica de disposición central y son de un color amarillo pálido. En un gramo pueden concentrarse entre 150 y 200 semillas y su poder germinativo es de 3 a 4 años (Valadez, 1989).

Aunque el pimiento es una especie que no se considera que posea latencia, con mucha frecuencia se observa, tras una siembra de esta planta, una tardanza mayor de lo normal en producirse la emergencia, una heterogeneidad manifiesta en el nacimiento. Cabe señalar que la rapidez y homogeneidad de la capacidad de germinación de las semillas del pimiento, además de determinados agentes físicos (temperatura y humedad, principalmente), también tienen influencia otros aspectos, como la variedad, la edad del fruto del que se han tomado las semillas y las condiciones de conservación de las mismas durante el almacenamiento (Bocajá & Monsalve, 2012)

4.3 Taxonomía

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanáceae

Género: *Capsicum* Especie: *annuum*

4.4 Morfología del pimiento morrón

4.4.1 Raíz

Posee una raíz principal pivotante que puede llegar hasta 1,2 m y provisto de un gran número de raíces secundarias ramificadas. Horizontalmente puede desarrollar hasta unos 50 cm de distancia del eje principal. Con siembras directas y sin perturbaciones puede alcanzar una profundidad de 3 m. El crecimiento del sistema radicular de una planta trasplantada, se reduce substancialmente, es mucho más superficial y mucho más ramificada, con un 80 % de la parte activa en los primeros 75 cm de suelo. (FDCAF, 2022)

4.4.2 Tallo

El tallo es erguido, su primera ramificación se origina cuando la plántula ha alcanzado un desarrollo de 15 a 20 cm, donde se produce la primera flor o flor de corona. En el momento en el que se ha formado la flor o vástago floral en la terminación del brote se produce la evolución de otros nuevos axilares a las hojas que lo culminan, creciendo con marcada dominancia apical o acrotomía. La sección transversal del tallo es variable según las zonas de la planta, siendo más redondeado en la base y más angular conforme se va ascendiendo. El desarrollo del tallo se ve muy influenciado por la iluminación diaria total, siendo este efecto más importante que la calidad de la luz y el fotoperiodo. A niveles bajos de

iluminación se produce la elongación del tallo por encima de la normalidad, formándose además más delgados y débiles (Rodríguez, 2016).

4.4.3 Hoja

Las hojas son glabras, enteras, lanceoladas o ovoides, de borde liso, con largos pecíolos. (FDCAF, 2022)

4.4.4 Flores

Las flores son solitarias, de tamaño mediano, ubicadas en las bifurcaciones de las ramificaciones, hermafroditas. El pedicelo o pedúnculo puede ser más o menos largo, acostillado, y cada flor está constituida por el cáliz en forma de tubo de color verde, la corola está formada por pétalos de color blanco (casi todas las especies) soldados en la base, el androceo, formado por los estambres, que consta cada uno de un filamento en cuyo extremo lleva una antera con dos lóbulos o tecas, con dos sacos polínicos con los granos de polen. Estas tecas tienen dehiscencia longitudinal. Por lo general cada uno de estos órganos es pentámero, y el gineceo está constituido por 2 a 4 carpelos. Los carpelos o pistilos están soldados, en cuya base se encuentran los nectarios, el estilo es de longitud variable (3,5 a 6,5 mm) y en su extremo el estigma está adaptado para facilitar la germinación del grano de polen en la polinización, recubierto de una epidermis glandular papilosa que segrega un exudado de naturaleza compleja para facilitar la integración con los granos de polen. (FDCAF, 2022)

4.4.5 Polinización

La polinización es principalmente autógama, aunque puede presentar distintas situaciones entre la autogamia y la alogamia (polinización cruzada), esta última puede variar entre un 1 % y 40 % aproximadamente, según variedades. Contiene nectarios, lo que indica una adaptación filogenética a la alogamia. La producción se ve favorecida por la polinización entomófila, que la realizan hormigas, abejas y abejorros, entre otros insectos. En las especies silvestres, domina la alogamia. El fruto es una baya semicartilaginosa, de estructura hueca, llena de aire, con forma de cápsula. La baya está conformada por un pericarpio grueso (formado a su vez por el epicarpio, mesocarpio y endocarpio) y un tejido placentario al que se unen las semillas. (FDCAF, 2022)

4.4.6 Fruto

El grosor del pericarpio varía según el tipo de uso del pimiento. En los pimientos utilizados como especia la «carne» es más delgada y con un contenido en agua inferior a los usados para fresco, que poseen carne gruesa y mayor contenido hídrico. Los colores, por su parte, también presentan gran diversidad. En los frutos inmaduros la gama va desde pálidos verdes casi blancos hasta los más intensos verdes casi marrón. En los frutos maduros la diversificación se aglutina en dos grandes grupos, amarillos y rojos en todas las gamas de tonalidades que pasan por el naranja y, en ciertas variedades, llegan a un rojo tan intenso que se convierte en violeta-marrón. Las semillas se encuentran insertas en una placenta cónica de disposición central. Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 milímetros. (Rodríguez, 2016)

4.5 Importancia a nivel mundial de pimiento morrón

El valor de la producción mundial de pimiento para fresco es de 23,832.5 millones de euros, de los que 1,021.7 millones de euros corresponden a España. Entre sus competidores, el valor del pimiento turco es de 737.45 millones de euros, el de Holanda de 373.27 millones, el de Rumanía de 183'09 y el de Israel de 173.29 millones de euros. (FAOSTAT, 2018). El país que más valor alcanza es China con 8,999.87 millones de euros. A China le sigue en segunda posición Indonesia con 4,405.02 millones de euros y Corea del Sur en tercer lugar con 2,433.83 millones de euros. La cuarta posición está ocupada por México con un valor de su producción de pimiento en fresco de 1,312.23 millones de euros, apareciendo España en el quinto lugar mundial con el ya citado valor de 1,021.7 millones de euros. (Hortoinfo, 2020). En el marco del mercado global de pimientos, China es el primer productor mundial. Sin embargo, México, España y Holanda tronzaron en el año 2016 el 63% del volumen total de la exportación de pimientos en el mundo. Mientras que en China e India la estrategia de producción se basa en el volumen y bajos precios, Holanda basa su estrategia de producción y exportación en la oferta de un producto de alta calidad y de un producto fresco durante los meses invernales. Además, estos países cuentan con tecnologías avanzadas de procesamiento (Mulderij, 2017).

4.6. Importancia de pimiento morrón en México

Los chiles y pimientos son típicos de la gastronomía mexicana y son de los productos con mayor potencial de mercado en el ámbito internacional. Con una producción anual de 3.2 millones de toneladas y crecimiento anual promedio de 4.82% en el periodo 2003-2016, estos productos mostraron una participación, creciente y estable en la oferta nacional. Actualmente, son cultivos importantes de exportación, ya que 29.71% de la producción total se destina al mercado internacional. En particular, las exportaciones mexicanas representaron un porcentaje muy significativo de las importaciones de chiles y pimientos que hacen los siguientes países: Estados Unidos 77.99%; Canadá, 55.45% y, Guatemala, 52.25 por ciento (SAGARPA, 2017).

4.7 Importancia de pimiento morrón en Coahuila

Coahuila se encuentra dentro de los seis estados con mayor superficie de pimiento morrón sembrada de las cuales el 37.82 % son a campo abierto con un rendimiento aproximado de 22.08 toneladas por hectárea, con una producción total de 19.45 millones de pesos. El 33.55% corresponde a la superficie de invernadero que presenta un rendimiento de 151 toneladas por hectárea y con un valor de la producción de 172.97 millones de pesos por ciclo. El 28.61% de la superficie total son malla sombras con un rendimiento promedio de 102.50 toneladas por hectárea y con un valor de producción anual de 76.08 millones de pesos (SIAP, 2021)

La producción general de pimiento morrón en Coahuila se divide en 7 municipios los cuales son: Francisco I. Madero con 5,460 toneladas, Viesca produce alrededor de 5,000 toneladas, el tercer productor es Arteaga con 4,576 toneladas, después Matamoros con 1,848.50 toneladas, Parras con 540 toneladas, General Cepeda 414.96 toneladas y Zaragoza 382.48 toneladas, los cuales generan un valor de producción total de 268.50 millones de pesos por estado, de los cuales el 64.42% es producción en invernadero (SIAP, 2021).

4.7 Pimiento en México bajo agricultura protegida y el fitomejoramiento

Las plantas autóгамas se llaman así porque su reproducción se da por autofecundación, se encuentran conformadas por una mezcla única de homocigotos, estas especies presentan un porcentaje muy bajo de fecundación cruzada de forma natural. En este tipo de plantas no se encuentra presente el cruzamiento genético, es decir no realizan el intercambio de sus genes con otras plantas por lo que tienen un genotipo permanente, es por ello, que cuando se requiere realizar mejoramiento, existe un mayor interés por evaluar las frecuencias genotípicas de la población. Las plantas autóгамas se consideran como líneas puras porque descienden de sí mismas por autofecundación, obteniendo líneas homocigotas para todos sus caracteres (Vallejo *et al.*, 2016).

Los principales objetivos del mejoramiento genético en pimiento a nivel mundial se focalizan mayoritariamente en variedades tipo Bell y Lamuyo, en sus colores rojo y amarillo, abordando calidad, rendimiento y resistencia a problemas fitosanitarios. Todas las compañías semilleras coinciden en que el rendimiento es crucial para que el productor sea competitivo. Sin embargo, éste debe estar de la mano con la calidad del fruto y un buen paquete de resistencia a plagas y enfermedades para reducir el uso de plaguicidas y asegurar un buen rendimiento al productor (Hein 2017).

4.7.1 Tipos de mejoramiento genético

El mejoramiento genético de plantas tiene la finalidad de obtener variedades con características de mayor calidad comercial y nutritiva, mayor resistencia a factores abióticos y bióticos adversos al cultivo y mayor rendimiento. (SIAP 2022)

La aplicación de técnicas adecuadas permite mayor producción por unidad de superficie. Otra variante puede ser lograr una cosecha en menor tiempo, con el menor esfuerzo posible y con un menor costo de producción, por lo cual existen diferentes técnicas de mejoramiento genético.

- Selección artificial y cruzamientos selectivos: escoge las variedades para cruzar y obtener el mejor rendimiento.

- Hibridación (intervarietal, interespecífica, intergenérica): cruzamientos entre variedades o líneas de una misma especie, entre especies o entre géneros diferentes.
- Mutagénesis inducida: se inducen mutaciones con químicos o radiaciones para lograr nuevas características.
- Polinización y fertilización in vitro: se poliniza artificialmente por encima de las barreras sexuales entre especies y géneros.
- Cultivo in vitro de células, tejidos y órganos vegetales: toda célula o tejido vegetal por su totipotencialidad puede regenerar una planta completa desde una parte.
- Obtención de haploides: cultivo in vitro de estructuras sexuales haploides que producen organismos haploides con aportes de caracteres agronómicos deseados.
- Variación somaclonal: son variaciones obtenidas por medio del cultivo de células o tejidos in vitro.
- Ingeniería genética: hibridación altamente selectiva de caracteres por medio de manipulación de la secuencia genética en el laboratorio.

4.7.2 Evaluación por método de selección de líneas en pimiento morrón

El presente método de mejoramiento, consiste en seleccionar dentro de una población de plantas ya descritas o plantas con características destacables y sobresalientes, los materiales que presenten las características o atributos deseados por el fitomejorador, a esto le llamamos selección recurrente generación tras generación, en dicho proceso de selección lo que se consigue y persigue es una reducción en la variabilidad genética, dada la presión que se ejerce sobre la población. Para que una selección se considere exitosa, debe presentar una alta heredabilidad, así como una variación genotípica considerable intralocus e interloci, lo que promueve grandes e invariables cambios en la población. Teniendo en cuenta que la varianza genotípica se encuentra presente siempre y cuando el porcentaje de heredabilidad sea bajo, si se realiza un buen control ambiental y a su vez apareamientos adecuados, el cambio de la población sería efectivo gracias a la selección (Vallejo, 2002)

4.8 Tipos de pimiento en México

Pueden considerarse tres grupos varietales en pimiento:

- Variedades dulces: son las que se cultivan en los invernaderos. Presentan frutos de gran tamaño para consumo en fresco e industria de conservera.
- Variedades de sabor picante: muy cultivadas en Sudamérica, suelen ser variedades de fruto largo y delgado.
- Variedades para la obtención de pimentón: son un subgrupo de las variedades dulces

Dentro de las variedades de fruto dulce se pueden diferenciar tres tipos de pimiento:

Tipo california (Blocky): frutos cortos (7-10 cm), anchos (6-9 cm), con tres o cuatro cascotes muy marcados, con el cáliz y la base del pedúnculo por debajo o a nivel de los hombros y de mesocarpo más o menos grueso (3-7 mm). Son los cultivares más exigentes en temperatura, por lo que la plantación se realiza temprano (desde mediados de mayo a comienzos de agosto, dependiendo de las condiciones climáticas), para alargar el ciclo productivo y evitar problemas de cuajado con el descenso excesivo de las temperaturas nocturnas (ABCAGRO, 2012).

Tipo Lamuyo: denominados así en honor a la variedad obtenida por el INRA francés, con frutos largos y cuadrados de carne gruesa. Las variedades pertenecientes a este tipo suelen ser más vigorosas (de mayor porte y entrenudos más largos) y menos sensibles al frío que los tipos california, por lo que es frecuente cultivarlos en ciclos más tardíos (ABCAGRO, 2012).

Tipo dulce italiano: frutos alargados, estrechos, acabados en punta, de carne fina, más tolerantes al frío, que se cultivan normalmente en ciclo único, con

plantación tardía en septiembre u octubre y recolección entre diciembre y mayo, dando producciones de 6 a 7 kg por metro cuadrado (ABCAGRO, 2012).

5.MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación y localización

Este proyecto de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, en un invernadero de baja tecnología que se encuentra localizado cerca al departamento de Fitomejoramiento, con las siguientes coordenadas geográficas 25° 21' 15'' Latitud Norte y 101° 02' 03'' Longitud Oeste y una altitud de 1774 msnm, con una temperatura promedio anual de 16.4 °C, con precipitaciones de 370 mm anuales, con un clima cálido-templado semidesértico.

5.2 Material genético

El material genético utilizado pertenece al Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se tomó en cuenta para la selección y prueba, las características deseadas como color, forma, tamaño, apariencia y peso de los resultados que se tuvieron en un ciclo anterior. las líneas se identificaron como: línea 1 (L1), línea 2 (L2), línea 3 (L3), línea 4 (L4), línea 5 (L5), línea 6 (L6), línea 7 (L7), línea 8 (L8).



Figura 1. Material genético seleccionado en el Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

5.3 Diseño de parcela experimental

El experimento se llevó a cabo en un invernadero de tipo sierra de baja tecnología, con un diseño experimental completamente al azar, con ocho tratamientos y cuatro repeticiones cada uno. La distancia entre plantas fue de 15 cm y entre surcos fue 1.8 m, generando así una densidad de población de 33,300 plantas por hectárea aproximadamente.

5.4 Labores Culturales

5.4.1 Siembra

La siembra de los pimientos se realizó el día cinco de marzo del año 2022, se sembró en una charola de polietileno con 200 cavidades y su respectivo sustrato para germinación de peat moss a un 70% y perlita a un 30% respectivamente, se sembraron 100 semillas de cada genotipo, estas fueron colocadas dentro del mismo invernadero, para su germinación, desarrollo de la plántula y finalmente trasplante.

5.4.2 Trasplante

El trasplante se realizó el veintiocho de abril del 2022, cada plántula se trasplantó de forma manual en bolis de fibra de coco (Figura 2)., se colocaron ocho bolis de fibra de coco por surco, cada uno con 6 plantas de una sola línea a evaluar, cada surco consto de 48 plantas respectivamente. Así mismo se realizaron los cuidados de la planta, para posteriormente llevar un mejor manejo y cuidado de la planta, libre de cualquier enfermedad o plagas.



Figura 2: Plántula de pimiento morrón trasplantadas en bolis de fibra de coco a 15 centímetros de distancia entre plantas y 1.8 metros entre surcos.

5.4.3 Fertilización

La fertilización fue a través de soluciones nutritivas constantes, una semana después de haber realizado el trasplante, se prosiguió a la aplicación de la solución nutritiva para el desarrollo y crecimiento de la planta, con la finalidad de tener un alto vigor, buen crecimiento y desarrollo y rendimiento en el cultivo, por lo cual se dio diferente aporte nutricional; el primero fue la solución al 50%, posteriormente al 75 % y finalmente al 100% (Cuadro 1), manteniendo un rango de pH de 5.9-6.1 y una conductividad eléctrica de 1.5 a 2.7 dS/m en la solución nutritiva, esto dependiendo la etapa fenológica en la que se encontraba nuestro cultivo.

Cuadro 1. Solución nutritiva de macroelementos y microelemento para el cultivo de pimiento morrón a tres diferentes porcentajes.

Macroelementos										
SN	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻ y CO ₃ ⁻²	K ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²	NH ₄ ⁺	Na ⁺
(%)	Mili equivalentes L ⁻¹									
100	3.26	12	1	7	1	7	4	11	2	3
75	3.26	8.6	0.75	5.25	1	5.25	3	8.25	1.5	3
50	3.26	6	0.5	3.5	1	3.5	2	5.5	1	3

Microelementos									
SN	Fe ⁺³	Mn ⁺²	H ₃ BO ₃	Zn ⁺²	Cu ⁺²	MoO ₄ ⁻²	CE	Ph	
(%)	Partes por millón (ppm)						dS/m		
100	3	1.48	0.28	0.24	0.12	0.08	2.7	5.9-6.1	
75	2.25	1.11	0.21	0.18	0.09	0.06	2.1	5.9-6.1	
50	1.5	0.74	0.14	0.12	0.06	0.04	1.5	5.9-6.1	

5.4.4 Riego

El sistema de riego se establecido mediante el riego por estaca o piqueta, una vez trasplantado los pimientos, la primera semana se realizaron riegos con agua sin fertilizante. Posteriormente mediante nuestro sistema de fertirrigacion, se preparó un tanque de 2500 litros donde se almacenaba la solución nutritiva, así mismo se utilizó una bomba de riego que era conectada a un temporizador digital para así tener un riego automatizado de manera periódica y programada nuestra solución nutritiva.

No obstante, el sistema de riego por estaca conectaba con la línea principal proporcionando la misma cantidad de solución a cada planta.

5.4.5 Tutorado

De acuerdo con el crecimiento de las plantas de pimiento, se tutoraron a doble tallo cada uno, cada tallo se alineo de manera vertical mediante rafia color negro, tipo agrícola de una densidad de 1g.m^{-2} , donde se sostenían mediante el tutoreo del invernadero, este tutoreo se realizó cada semana.

Este tipo de tutorado obedece al diseño de la denominada poda holandesa, que consiste en dirigir las plantas a dos o tres guías, eliminando posteriormente una de las bifurcaciones en que se va dividiendo cada rama (Gamayo, 2009).

5.4.6 Poda

Con la poda se delimita el número de tallos con los que se desarrollará la planta (normalmente 2 ó 4) el fruto de la bifurcación principal “Y” también debe ser eliminado, de lo contrario la producción se retardaría, Del castillo et. Al.,2004. Por lo que la poda se realizó de esta manera.

A lo largo del ciclo de cultivo se fueron eliminando los tallos interiores para favorecer el desarrollo de los tallos seleccionados en la poda de formación, así como el paso de la luz y la ventilación de la planta. Esta poda no debe ser demasiado severa, para evitar en lo posible paradas vegetativas y quemaduras en los frutos que quedan expuestos directamente a la luz solar, sobre todo en épocas de fuerte insolación (ABCAGRO, 2012).

En casos necesario se realizará una limpieza de las hojas y brotes que se desarrollen bajo la “Y” principal (INAFOAGRO, 2012)

La poda se realizó durante el establecimiento del cultivo, donde se ejecutó 40 días después del trasplante, donde se eliminaron los tallos con menos vigor y solo se dejaron dos tallos principales por planta con todas las líneas a evaluar, para esta actividad se utilizaron tijeras para podar, lavadas y desinfectadas con cloro al 2%.

5.4.7 control de plagas y enfermedades

Se efectuó un control correspondiente a la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo, tomando como referencia los resultados de monitoreos semanales, en este caso se realizaron aplicaciones de Confidor® 350 SC con ingrediente activo Imidacloprid 30.2% a 1ml L⁻¹ y para control de enfermedades radicales se aplicó Busan30® i.a TCMTB 30%, a una dosis de 0.2 ml L⁻¹, para la alta incidencia de plaga (trips y mosquita blanca) se aplicó Muralla Max® 300 OD cuyo ingrediente activo es imidacloprid 19.6% + betacyflutrín 8.4%, a una dosis de 0.5 a 1 ml L⁻¹ alternado de Sivanto® i.a flupyradifurone 17.09%, a una dosis de 1 ml L⁻¹ y Sunfire® a dosis de 0.5 ml L⁻¹.

5.4.8 Cosecha

Una vez cumpliendo su etapa de cosecha (90 ddt aproximadamente), los frutos de pimiento se cortaron cuando mostraron una coloración externa superior al 50%, se recolectaron todos los frutos de cada línea evaluada, marcados y separados en bolsas y cajas para identificar las líneas. (Figura 3) Así mismo se realizaron dos cosechas, cabe mencionar que se dejó una concentración de maduración para esta labor, durante el ciclo del cultivo la cual fue 97 días después del trasplante el día 05 de agosto del 2022 y posteriormente el 03 de septiembre la segunda cosecha (Cuadro 2)

Cuadro 2: Cosechas realizadas en las ocho líneas evaluados después del trasplante.

Cosecha	Días después del trasplante	Fecha de cosecha
1	107	14 de agosto de 2022
2	127	03 de septiembre del 2022

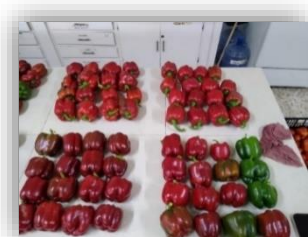


Figura 3: Frutos cosechados de acuerdo a madurez, tamaño, color y forma.

5.4.9 Variables agronómicas evaluadas

Altura de planta

Para determinar esta variable, se midieron las plantas con una cinta metálica graduada en centímetros marca Truper®.

Diámetro del tallo

Así mismo la variable a evaluar consistió medir el diámetro del tallo, con lo cual se utilizó un vernier digital marca Truper® modelo 14388, esto a tres centímetros de la base del tallo.

Longitud del fruto

Para obtener la variable de longitud del fruto, se midió cada fruto cosechado con un vernier digitalizado marca Truper® modelo 14388 desde la base del cáliz hasta el ápice del mismo.

Diámetro ecuatorial del fruto

Esta variable se cuantifico con un vernier digital marca Truper® modelo 14388, tomando la medida de cada fruto cosechado en el diámetro ecuatorial del mismo, y de acuerdo a sus respectivas líneas.

Grosor del mesocarpio

Para la obtención de esta variable se cortaron los frutos por su parte ecuatorial y con la ayuda de un vernier digital marca Truper® modelo 14388 se tomó la medida del grosor

Numero de fruto por planta

Se contabilizaron y sumaron los frutos cosechados por planta, en cada una de las cosechas.

Peso promedio del fruto

Para determinar esta variable, se pesaron en una báscula marca Torrey® modelo LPCR40, los frutos se contabilizaron y así esta variable resultado de dividir el peso de los frutos entre el número de frutos por planta.

Rendimiento por planta (kg planta⁻¹)

Para determinar esta variable, se pesaron en una báscula marca Torrey® modelo LPCR40, los frutos de cada planta en cada repetición y de cada línea, la suma del rendimiento de cada planta, en cada una de las cosechas dio como resultado el rendimiento total por planta.

Sólidos solubles totales

Para esta variable se utilizó refractómetro, con lo cual se aplicaba un porcentaje de savia sacada del fruto, para determinar sus grados Brix.

Rendimiento calculado en toneladas por hectárea (TA/HA)

Para nuestra variable se multiplicó el rendimiento de cada planta por el número total de plantas en una hectárea de acuerdo a la distribución del experimento.

5.5 Diseño experimental y estadístico

Los genotipos se evaluaron bajo un modelo experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones cada uno, con la finalidad de detectar diferencias significativas entre genotipos. Los datos se analizaron con el software INFOSTAT® con análisis de varianza al $p \leq 0.05$ y se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del $p \leq 0.05$ para la comparación de medias, esto se llevó a cabo bajo el modelo estadístico lineal siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable observada del i -ésimo repetición del j -ésimo tratamiento.

μ = efecto de la media general

T_i = efecto del j -ésimo tratamiento.

ε_{ij} = efecto del error experimental

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Altura de planta

De acuerdo a los datos del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$), no se detectó ninguna significancia en relación a los valores medios obtenidos sobre la variable altura de planta, de las ocho líneas evaluadas, cuyos resultados se muestran en la Figura 4. Así mismo, la línea número seis mostró un incremento de 4%, respecto a la línea número siete y un 8% con la línea número tres, ya que fueron las líneas más destacadas. De acuerdo lo escrito por (Jovicich et al., 2004; Seifi et al., 2012) algunas ocasiones la altura de la planta es mayor conforme aumenta la densidad de siembra, pero en otras ocasiones se ha encontrado el resultado contrario (Aminifard et al., 2012), lo encontrado en esta investigación sugiere que es la respuesta propia de las líneas.

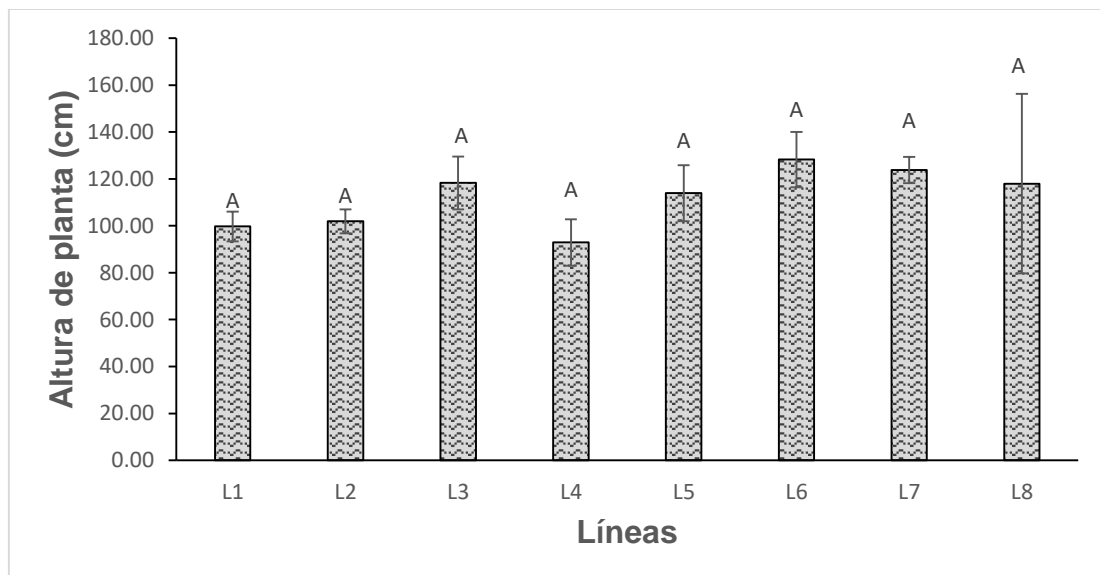


Figura 4. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (*Tukey* $p \leq 0.05$) de la variable altura de la planta de ocho líneas de chile morrón, probadas bajo condiciones de agricultura protegida, en el sureste de Coahuila, México. Líneas verticales corresponden a la desviación estándar.

6.2 Diámetro del tallo

De acuerdo a los datos del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$), no se observó significancia estadística en la variable diámetro de tallo, cuyos resultados se muestran en la Figura 5, no obstante, la línea número síes mostro un incremento porcentual de 4% respecto a la línea número siete, y un valor porcentual de 5% respecto a la línea número cinco. De acuerdo con Elizondo *et al.* (2017) el diámetro del tallo de la planta nos orienta a que, entre mayor sea el valor para esta variable, mayor es la capacidad para soportar el peso de órganos principales como ramas, flores y frutos, y a su vez disminuye el riesgo de que el tallo se quiebre por un exceso de peso de la parte aérea de la planta. Por ende, esta es una variable determinante ya que el pimiento los frutos generalmente son muy grandes y los tallos tienen que soportar el peso.

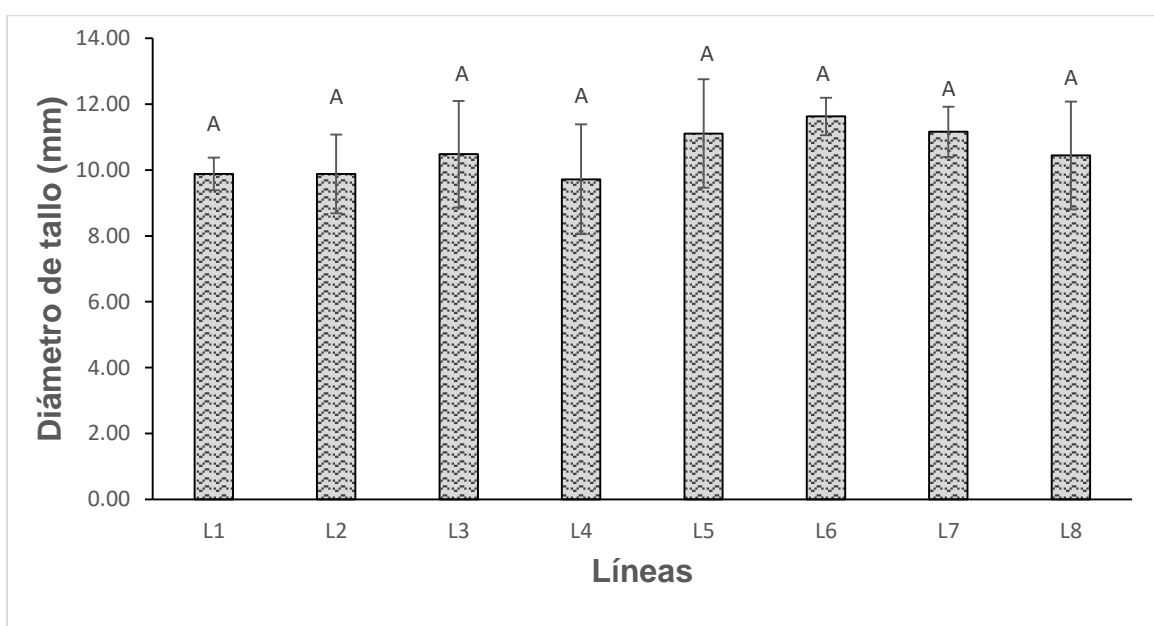


Figura 5. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (*Tukey* $p \leq 0.05$) de la variable diámetro de tallo de ocho líneas de chile morrón, bajo condiciones de agricultura protegida, en el sureste de Coahuila, México. Líneas verticales corresponden a la desviación estándar.

6.3 Longitud del fruto

De acuerdo a los datos del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$), se observaron diferencias significativas en la variable longitud de fruto, donde la línea número uno y número dos resultaron superiores al resto en hasta 22%, en consecuencia, resultaron con mayor longitud de fruto. Los resultados obtenidos en longitud de frutos son similares en relación con lo descrito por Elizondo et al. (2017) en los frutos de forma cuadrada con valores de 77 a 95 mm, pero distinto en los genotipos con frutos de forma rectangular donde los valores oscilan de 119 a 131 mm.

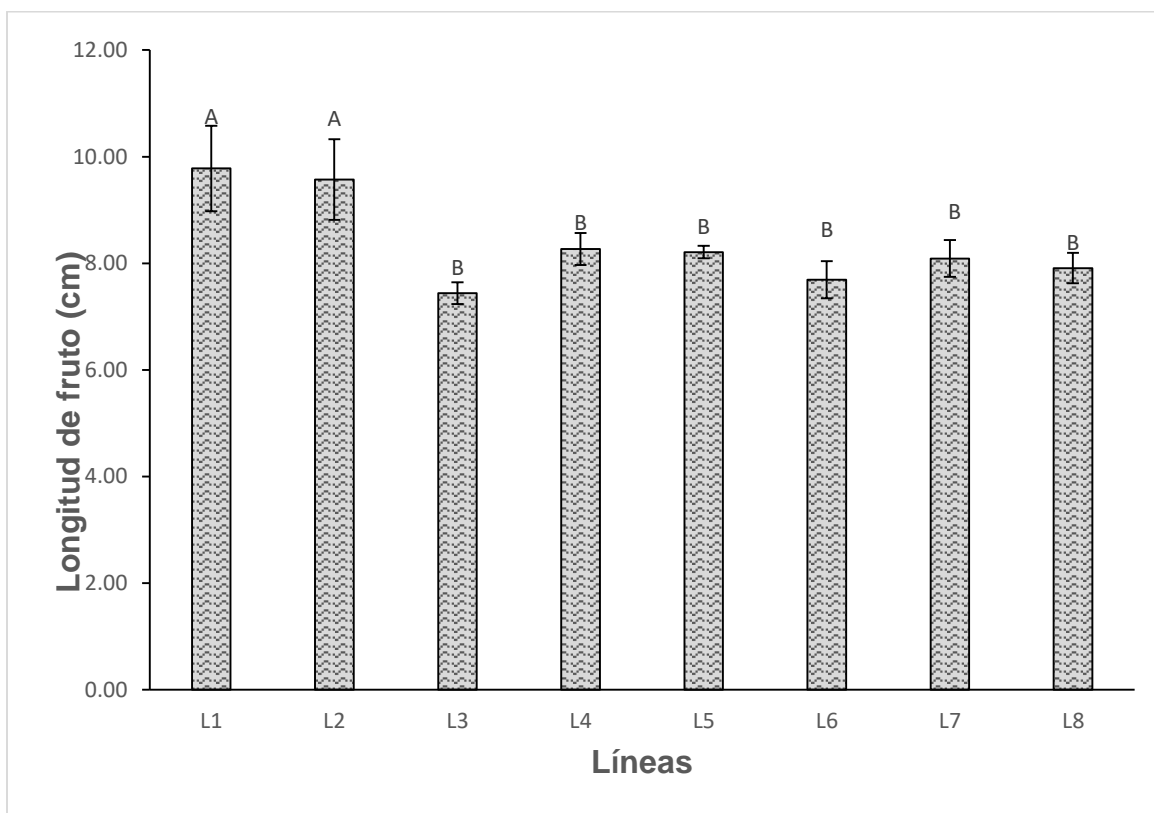


Figura 6. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable longitud de fruto de ocho líneas de chile morrón, probadas bajo condiciones de agricultura protegida, en el sureste de Coahuila, México. Líneas verticales corresponden a la desviación estándar.

6.4 Diámetro ecuatorial del fruto

De acuerdo a los datos del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$), con relación a la variable diámetro ecuatorial del fruto, en este se presentó significancia estadística en las relaciones a los valores medios obtenidos de las ocho líneas evaluadas, dichos resultados se muestran en la Figura 7, las líneas número uno, dos, seis y siete mostraron un incremento de hasta 13% respecto de las demás líneas. De acuerdo (Ado y Samawira, 1987). El incremento del rendimiento en pimiento se puede llevar a cabo seleccionando plantas de acuerdo a características como número de frutos por planta, altura de la planta, y número de ramas principales, las cuales junto con el diámetro y longitud del fruto presentan alta variabilidad genética de la cual se puede hacer uso en los nuevos programas de mejoramiento

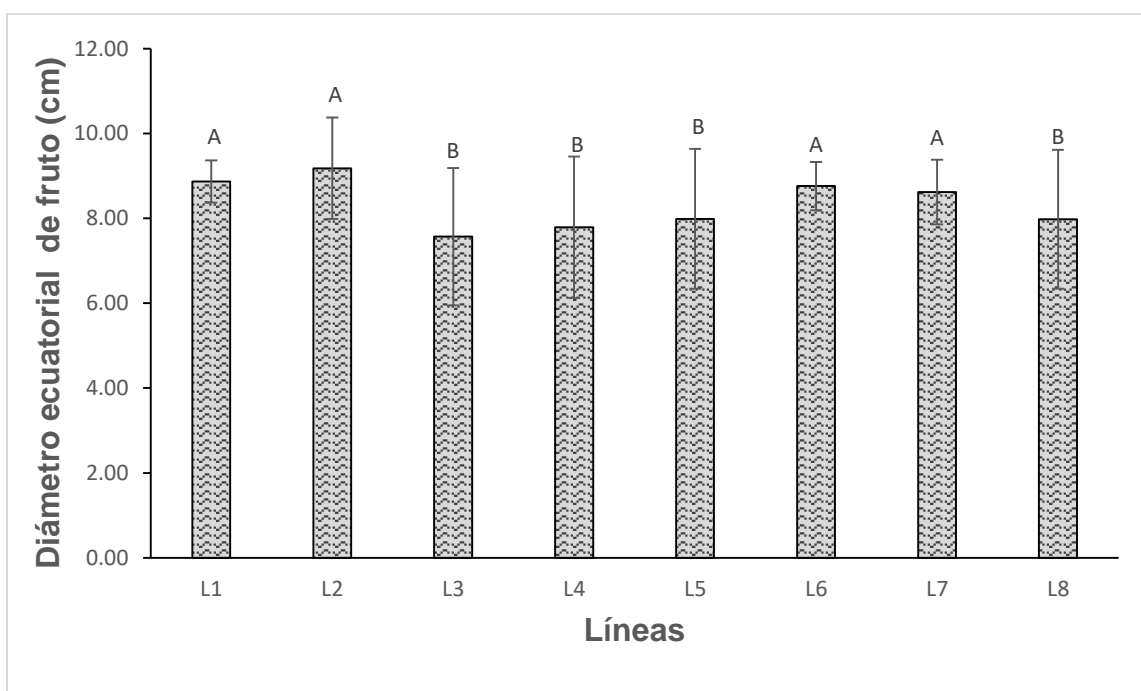


Figura 7. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable diámetro ecuatorial del fruto, de ocho líneas de chile morrón, probadas bajo condiciones de agricultura protegida, en el sureste de Coahuila, México. Líneas verticales corresponden a la desviación estándar.

6.5 Grosor del mesocarpio

En relación de la variable grosor del mesocarpio y de acuerdo a los datos del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$) se encontró significancia en relación a las ocho líneas que fueron evaluadas, las cuales se muestran en la figura 8, no obstante, la línea número uno resulto superior, seguido de las líneas 4, 3, 2 y 7 cabe señalar que la primera supero en 14% a la línea número 2, y en hasta 25% respecto a la línea número cinco. Es importante señalar que esta variable es de gran importancia ya que se busca que los pimientos tengan más grosor de mesocarpio para mayor acumulación de peso.

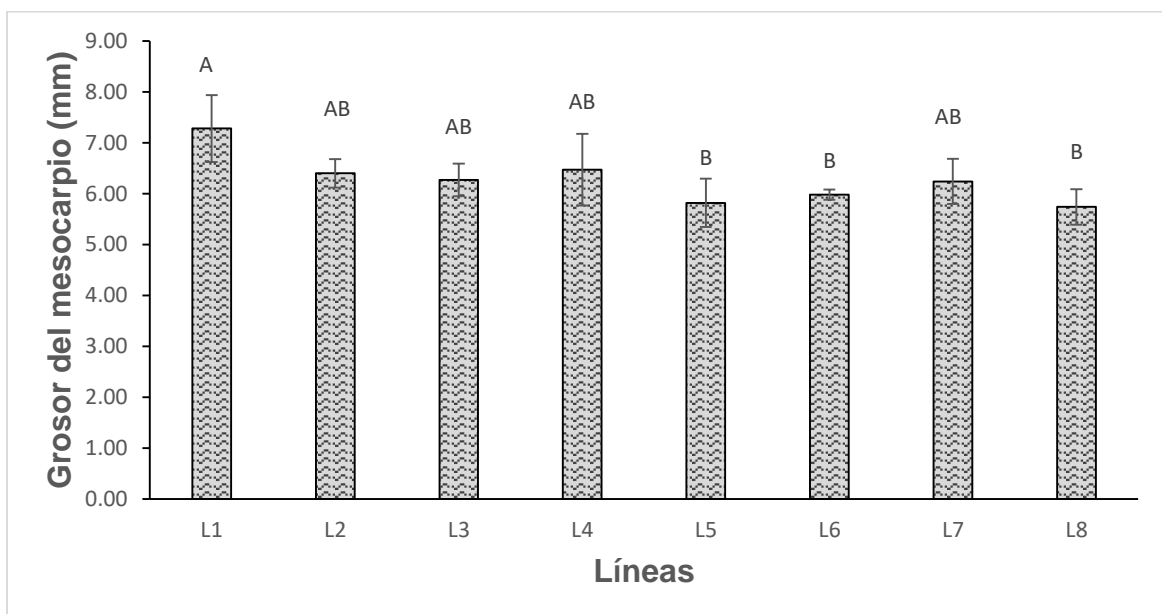


Figura 8: ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable grosor de mesocarpio del fruto, de ocho líneas de pimiento morrón evaluadas bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.

6.6 Número de frutos por planta

De acuerdo a los resultados que mostro el análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$) y la prueba de medias de (Tukey $p \leq 0.05$), la variable número de frutos por planta no represento ninguna significancia estadística en relación a los valores medios que se obtuvieron de las ocho líneas evaluadas, los cuales se muestran en la figura 9, no obstante, la línea número cinco y la línea número seis, se perciben ligeramente superiores al resto, las cuales tienen un incremento porcentual del 30% respecto de la línea uno, de 51% con respecto a la línea dos y 51% con respecto a la línea tres. Los resultados encontrados indican que los genotipos evaluados se encuentran dentro de los rangos obtenidos por Moreno *et al.* (2019), en donde el número potencial de frutos por planta oscila de 7.4 a 12 frutos, dependiendo su manejo, similares también a lo que reporta Elizondo *et al.* (2017) donde se obtuvieron de 10.6 a 14 frutos totales por planta, por lo tanto, por lo tanto, se infiere que, alguno de los genotipos tiene potencial en cuanto a esta variable.

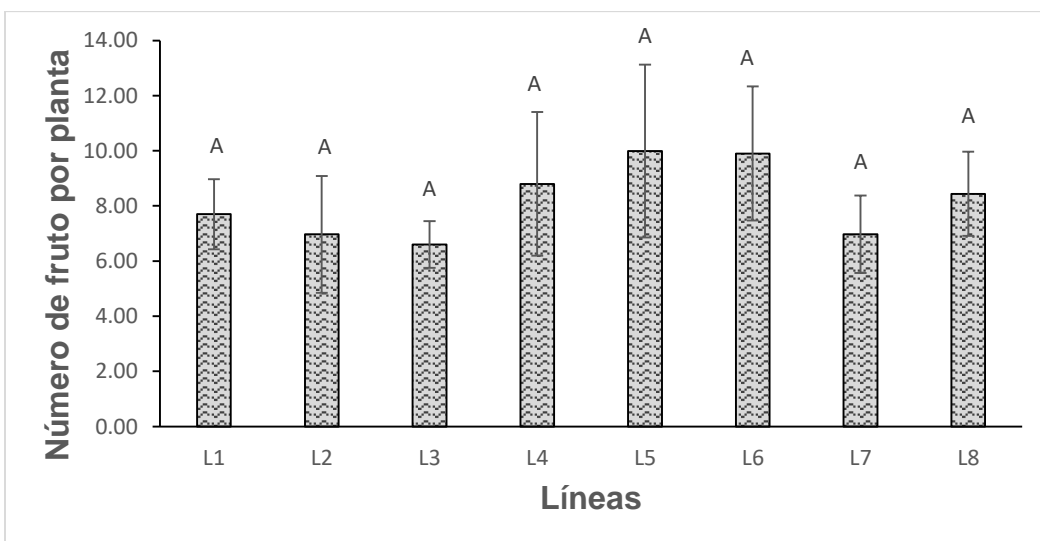


Figura 9: ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable número de fruto por planta, de ocho líneas de pimiento morrón evaluadas bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.

6.7 Peso promedio del fruto

De acuerdo a los datos del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$), y con lo observado en el peso promedio del fruto, en esta variable no se presentó significancia estadística en los valores medios de las ocho líneas evaluadas, cuyos resultados se muestran en la figura 10. No obstante, la línea número dos mantuvo un incremento del 9% respecto a la línea uno, un 36% respecto a la línea tres que fue la de menor peso medio. De acuerdo con los resultados obtenidos en el peso promedio de fruto, concuerda con lo que señalan Elizondo *et al.* (2017) donde reporta un peso promedio del fruto de 179.4 g en la calidad de primera, 146.5 g en la calidad de segunda, y 100.7 g, sin duda, valores muy similares a los obtenidos en la presente investigación, y similares también a lo que indicó Elizondo *et al.* (2017) donde los valores del peso promedio de los frutos van de 164 a 180g.

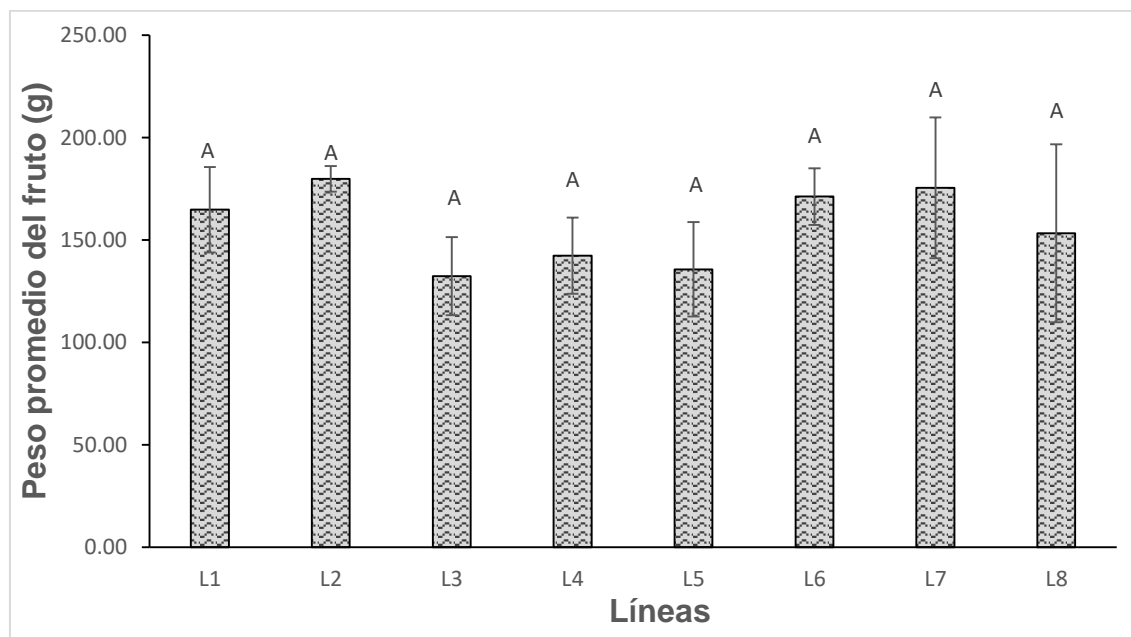


Figura 10. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable peso promedio de fruto, de ocho líneas de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.

6.8 Rendimiento por planta (kg planta⁻¹)

De acuerdo a los resultados que mostro el análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$) y la prueba de medias de Tukey $p \leq 0.05$, en la variable rendimiento por planta, se encontró significancia estadística entre las ocho líneas, evaluadas, la cual se muestra en la figura 11. A excepción de la línea número cuatro, todas las demás mostraron un rendimiento estadísticamente similar, no obstante, de entre estas destacan las líneas cinco y seis. Cabe mencionar que, en los programas de mejoramiento genético, una de las variables determinantes en la elección de líneas es el rendimiento, por lo tanto, las diferencias porcentuales observadas dan la pauta para seleccionar líneas sobresalientes y continuar con el programa de mejoramiento.

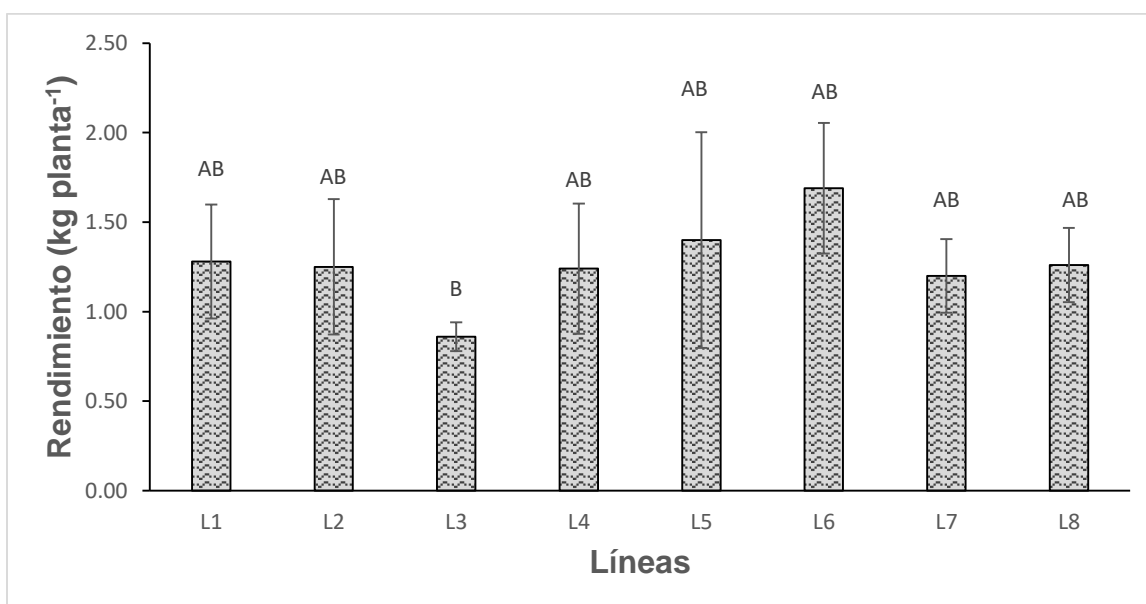


Figura 11. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable rendimiento por planta (kg planta⁻¹), de ocho líneas de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.

6.9 Sólidos solubles totales

En relación de la variable de sólidos solubles totales o (grados brix) y de acuerdo a los datos del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$), nuestra variable muestra una significancia estadística entre las líneas evaluadas, las cuales se muestran en la Figura 12, en donde las líneas número dos, tres, cuatro, siete y ocho mostraron superioridad en comparación de las demás líneas evaluadas, no obstante, dentro de ellas, la línea número dos mostro el mayor incremento porcentual en proporción de las demás. El resultado obtenido de sólidos solubles totales para todas las líneas fue de 8.25-9.82 °Brix, que se encuentran dentro del rango de 3.6 y 8.9 °Brix propuesto por Penchaiya et al. (2009),

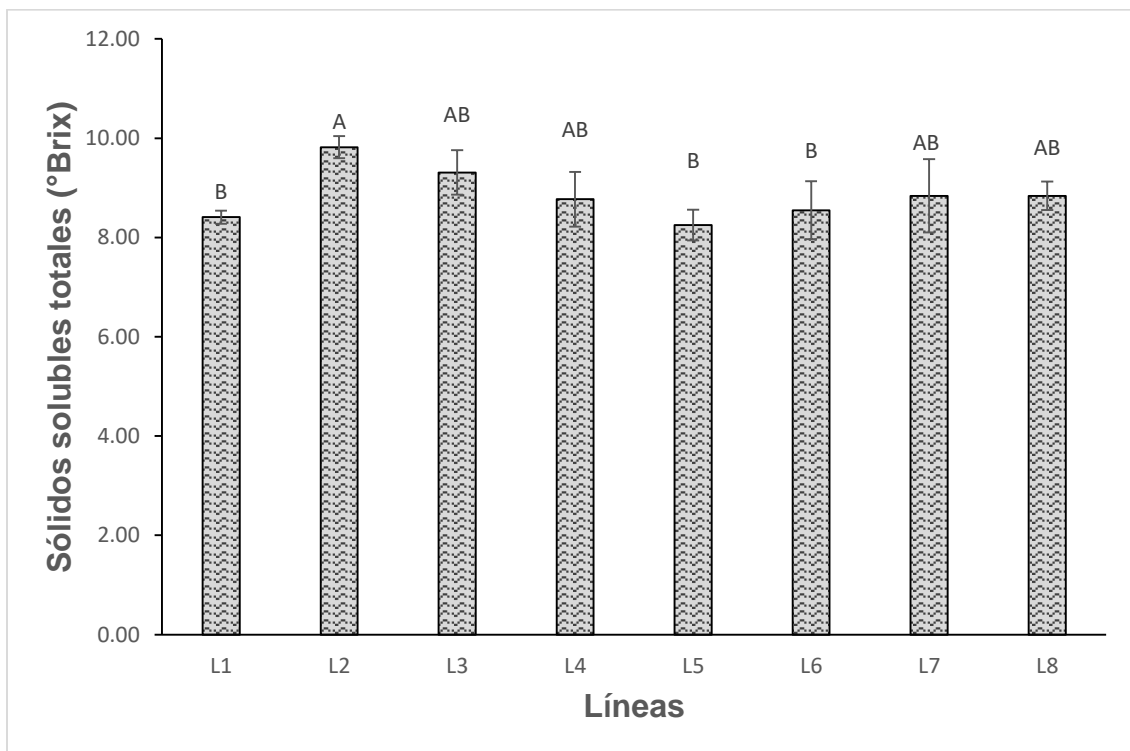


Figura 12. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable sólidos solubles totales, de las ocho líneas de pimiento morrón evaluados bajo invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.

6.10 Rendimiento calculado (t ha⁻¹)

En los resultados del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$) y prueba de medias de Tukey (Tukey $p \leq 0.05$), de la variable de rendimiento calculado, que se muestra en la Figura 13, detectó significancias estadísticas, a lo que podemos inferir que, no todas las líneas mostraron un similar comportamiento en del rendimiento bajo las mismas condiciones de evaluación, es decir que las líneas número uno, dos, cuatro, cinco, seis, siete y ocho mostraron superioridad respecto de la línea número 3, aunque la línea que destaco de entre ellas fue la número síes seguido de la línea cinco. La diferencia de producción calculada por hectárea en nuestra investigación, está por debajo de las 158.27 t ha⁻¹ reportadas en el estado de Coahuila SIAP (2022). La diferencia puede ser debido a que el ciclo de producción no se extendió en el número de meses que normalmente se cultivan a nivel comercial, es decir el ciclo fue corto en comparación con los ciclos que generalmente son largos.

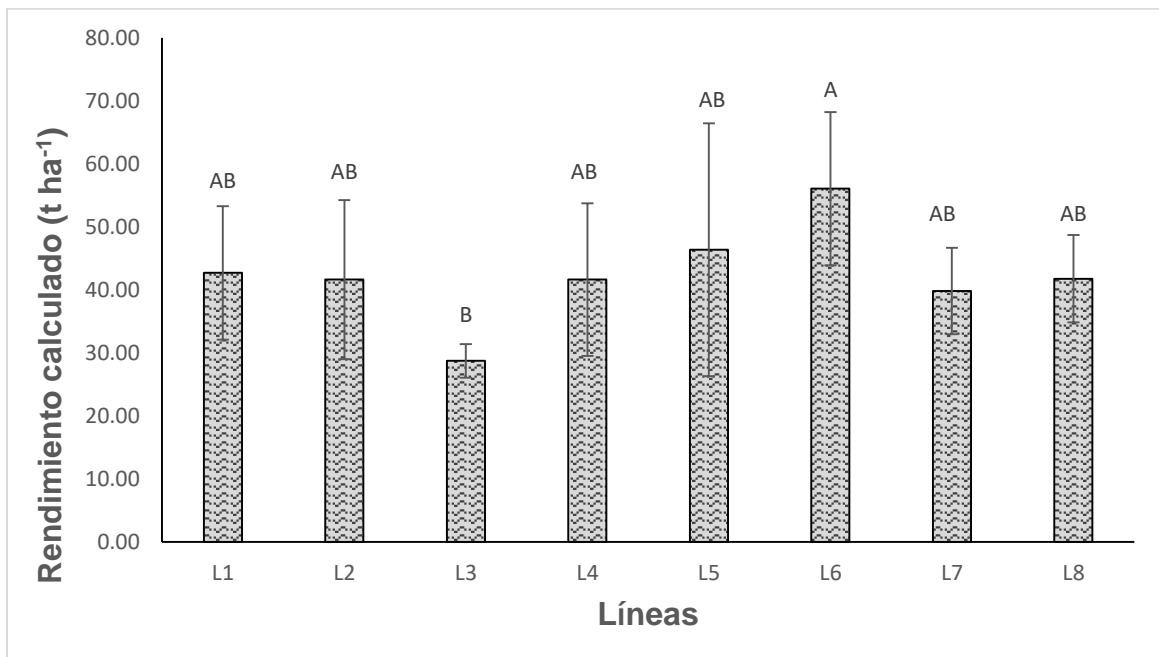


Figura 13: ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del rendimiento calculado en toneladas por hectárea, de las ocho líneas de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.

7. CONCLUSIÓN

El comportamiento de las líneas en su evaluación agronómicas fue diferente en algunas de las variables evaluadas, pero similar en otras, esto bajo las condiciones probadas, sin embargo, las diferencias porcentuales encontradas entre las líneas en la mayoría de las variables cuantificadas, dan la pauta para continuar con el proceso de selección y evaluación de líneas para la observación de su comportamiento en ciclos más avanzados, a fin de identificar las líneas con potencial genético para el desarrollo de nuevas variedades o híbridos.

Las líneas que destacaron por su desempeño agronómico de forma general, fueron, las líneas cinco, seis, uno y dos, líneas que pretenden incluirse y resguardarse para continuar el programa de mejoramiento genético.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ABCAGRO. 2012. El cultivo del pimiento. Obtenido de: <http://www.abcagro.com/hortalizas/pimiento7.asp>. Fecha de consulta (12 de enero de 2022).
- Ado, I. & Samawira, I. (1987). Estimates of genetic parameters of yield components in peppers (*Capsicum annum*). East African Agricultural and Forestry Journal (Kenia). 52(3): 136-140.
- Agroproductores. (2018). Recuperado 15 de agosto de 2022, de Pimiento Morrón en México website: <https://agroproductores.com/pimiento-morrón-en-méxico/>
- Aminifard, M. H.; Aroiee, H.; Ameri, A. & Fatemi, H. (2012). Effect of plant density and nitrogen fertilizer on growth, yield and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). African Journal of Agricultural Research. 7(6): 859-866
- Bocajá, C., & Monsalve, O. (2012). Manual de producción de pimentón bajo invernadero. (E. G. Nueva, Ed.) (Primera ed). Bogota. Disponible en URL: [http://avalon.utadeo.edu.co/servicios/ebooks/manual_pimenton/files/assets/common/downloads/ Manual de producci.pdf](http://avalon.utadeo.edu.co/servicios/ebooks/manual_pimenton/files/assets/common/downloads/Manual%20de%20producci.pdf)
- Del Castillo, J., Uribarri, A., Sádaba, S., Aguado, G., De Galdeano, J. 2004. Guía de cultivo del pimiento en invernadero. 7 p.
- Elizondo, E. 2017. Caracterización morfológica de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annum*) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. InterSedes. 18(37): 2-27.
- Elizondo, M. (18 de 03 de 2017). Evaluacion de rendimiento en 15 genotipos depimiento. Costa Rica.
- FAOSTAT. (Base de datos estadísticos corporativos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación) 2018. Cultivos y productos de ganadería. Organización de las naciones unidas para la

alimentación y la agricultura. Obtenido de:
<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize> .

FDCAF (Facultad de ciencias agrarias y forestal). (2022). GUIA DIDACTICA: CULTIVO Y MANEJO DEL PIMIENTO (*Capsicum annum* L.) (1º. Ed. P-5-12) Buenos Aires, Argentina

FUMIAF (Fundación Mexicana de Investigación Agropecuaria y Forestal). 2005. Cultivo de Pimiento en Invernaderos de Alta Tecnología en México. Consultado 01 de octubre de 2008. Página electrónica: www.fumiaf.sagarpa.com.mx

Gamayo, D.J. 2009. Pimientos, Capítulo 3, el cultivo protegido del pimiento. Disponible en la página web (<http://www.horticom.com/tematicas/pimientos/pdf/capitulo3.pdf>) Fecha de consulta (Enero de 2012)

Hein, T. (2017). A Closer Look at Sweet Pepper Breeding and Its Challenges. In European Seed Newsletter Vol. 4 Issue 4 <http://european-seed.com/closer-look-sweet-pepper-breeding-challenges/> (último acceso diciembre 2017). Fecha de consulta (12 de Diciembre de 2021).

Hortoinfo. (2020). *La producción mundial de pimiento*. España: Edican Media,

INFOAGRO. 2012. El cultivo del pimiento. Disponible en la página web (<http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento.htm>). Fecha de consulta (Agosto 2012).

Jovicich, E., Cantliffe, D. J., and P. J. Stoffella. 2004. Fruit yield and quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density, container and trellis system. *HorTechnology* 14: 507-513.

Jovicich, E.; Cantliffe, D. J.; Sargent, S. A. & Osborne, L. S. (2012). Production of greenhouse-grown peppers in Florida. Florida, EEUU: IFAS Extension, University of Florida. HS979. 8 p. Obtenido desde: http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/H_S22800.pdf

- Moreno, F. F. (05 de 08 de 2019). Rendimiento de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) por poda floral selectiva y despunte en la cuarta biofortificación. *Artículo*.
- Mulderij R. (2017). Overview global pepper market. Julio 2017. Obtenido de: <http://www.freshplaza.com/article/178545/OVERVIEW-GLOBAL-PEPPER-MARKET>.
- Namesny, V.A. 2009. Pimientos. Capítulo 1. El pimiento en el mundo. Disponible en la página web (<http://www.horticom.com/tematicas/pimientos/pdf/capitulo1.pdf>).
- Penchaiya, P., Bobelyn, E., Verlinden, B.E., Nicolai, B.M., Saeys, W. (2009). Non-destructive measurement of firmness and soluble solids content in bell pepper using NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering* 94: 267-273.
- Pinto, M. T. y Savedra, J. (2018) *Origen y desafíos del mejoramiento genético del pimiento a nivel mundial y nacional* [en línea]. Santiago: Boletín INIA -Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 360. Obtenido de: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6650> Fecha de consulta (17 de febrero de 2022)
- Rodríguez, L. F. (17 de Febrero de 2016). *Cultivos hortícolas al aire libre*. Obtenido de <https://publicacionescajamar.es/uploads/cultivos-hortícolas-al-aire-libre/18-cultivos-hortícolas-al-aire-libre.pdf> Fecha de consulta (12 de enero de 2022).
- SADER (Secretaría de agricultura y desarrollo rural). (2022). Recuperado 18 de diciembre de 2022, México, principal exportador mundial de pimientos frescos. website: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-principal-exportador-mundial-de-pimientos-frescos-agricultura>
- SAGARPA. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (12 de Septiembre de 2017). *Potencial-Chiles_y_Pimientos*. Obtenido

de

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257072/Potencial - Chiles_y_Pimientos-parte_uno.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257072/Potencial-Chiles_y_Pimientos-parte_uno.pdf)

SAGARPA.(Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (23 de 09 de 2015). *Márgenes de comercialización*.Obtenido de Pimiento Morron : https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/67461/MC_chilpimi_julio_2015.pdf

Seifi, S.; Nemati, S. H.; Shoor, M. & Abedi, B. (2012). The effect of plant density and shoot pruning on growth and yield of two greenhouse bell pepper cultivars. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*. 3(11): 77-83

SIAP. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2020). *Cierre de la producción agrícola*. Obtenido de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

SIAP. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2022). *Cierre de la producción agrícola*. Obtenido de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> Fecha de consulta

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2010. Monografías, chile verde morrón. Disponible en la página web. ([http://w4.siap.gob.mx/AppEstado/Monografias/Hortalizas/Chile VM.html](http://w4.siap.gob.mx/AppEstado/Monografias/Hortalizas/ChileVM.html)). Fecha de consulta (Junio de 2012).

Valadez, A. (1989). Producción de hortalizas. Ciudad de México, México: Limusa. Disponible en URL: https://books.google.com.ec/books/about/Producción_de_hortalizas.html?id=ZnQAOWAACAAJ&redir_esc=y

Vallejo Cabrera, F. A., & Estrada Salazar, E. I. (2002). Mejoramiento genético de plantas. Universidad Nacional de Colombia.

Vallejo, F. y Estrada, E. (2016). Mejoramiento Genético de Plantas:

Segunda Edición. Universidad Nacional de Colombia. Fecha de consulta (12 de enero de 2022).

Vallespir, A. N. (14 de Marzo de 2006). *El pimiento en el mundo*. Obtenido de <http://www.horticom.com/tematicas/pimientos/pdf/capitulo1.pdf>

